

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2016-522366
(P2016-522366A)

(43) 公表日 平成28年7月28日(2016.7.28)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
F 1 6 F 1/22 (2006.01)	F 1 6 F 1/22	3 C 7 0 7
B 2 5 J 17/00 (2006.01)	B 2 5 J 17/00	3 J 0 5 9

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2016-510782 (P2016-510782)	(71) 出願人	511293629 マーケット ユニバーシティー アメリカ合衆国 ウィスコンシン州 ミル ウォーキー ピーオー ボックス 188 1
(86) (22) 出願日	平成26年4月24日 (2014. 4. 24)	(74) 代理人	100102978 弁理士 清水 初志
(85) 翻訳文提出日	平成27年12月14日 (2015. 12. 14)	(74) 代理人	100102118 弁理士 春名 雅夫
(86) 国際出願番号	PCT/US2014/035294	(74) 代理人	100160923 弁理士 山口 裕孝
(87) 国際公開番号	W02014/176423	(74) 代理人	100119507 弁理士 刑部 俊
(87) 国際公開日	平成26年10月30日 (2014. 10. 30)	(74) 代理人	100142929 弁理士 井上 隆一
(31) 優先権主張番号	61/815, 485		
(32) 優先日	平成25年4月24日 (2013. 4. 24)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 広い剛性範囲を有する可変剛性アクチュエータ

(57) 【要約】

一つの態様において、定数選択可能なばねは、回転可能なシャフトに接続された曲げ棒であって、少なくとも一つのアーチ形部分を有する、曲げ棒を含む。定数選択可能なばねはまた、リンク部材に接続可能な少なくとも一つの回転接触子であって、曲げ棒のアーチ形部分との接触を維持しつつ軸の周りを回転する、回転接触子を含む。回転接触子は、回転するとき、回転可能なシャフトとリンク部材との間の接続剛性を変化させる。

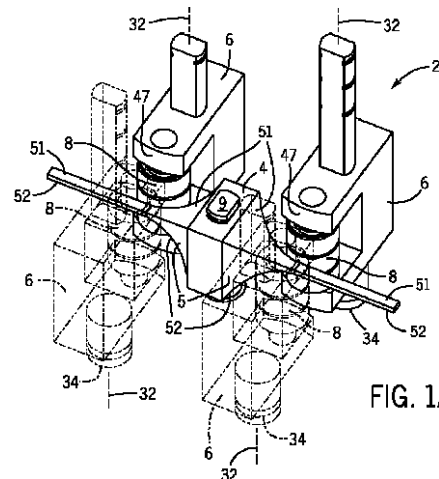


FIG. 1A

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

回転可能なシャフトに接続可能な曲げ棒であって、少なくとも一つのアーチ形部分を有する、曲げ棒；および

リンク部材に接続可能な少なくとも一つの回転接触子であって、該曲げ棒の該アーチ形部分との接触を維持しつつ軸の周りを回転する、回転接触子を含み、該回転接触子が、回転するとき、該回転可能なシャフトと該リンク部材との間の接続剛性を変化させる、定数選択可能なばね。

【請求項 2】

回転接触子の接触端に少なくとも一つのベアリングをさらに含み、該接触子が軸の周りを回転するとき、該ベアリングが曲げ棒のアーチ形部分に沿って転がる、請求項1記載の定数選択可能なばね。

10

【請求項 3】

回転接触子を回転させるために少なくとも一つの回転接触子に接続されたモータをさらに含む、請求項1記載の定数選択可能なばね。

【請求項 4】

曲げ棒の第二のアーチ形部分と、リンク部材に接続可能な第二の回転接触子とをさらに含み、該第二の回転接触子が、該曲げ棒の該第二のアーチ形部分との接触を維持しつつ第二の軸の周りを回転する、請求項1記載の定数選択可能なばね。

【請求項 5】

第一および第二の回転接触子を反対の回転方向に同時に回転させるために該第一および第二の回転接触子に結合された駆動モータをさらに含む、請求項4記載の定数選択可能なばね。

20

【請求項 6】

第一および第二の回転接触子が回転可能なシャフトの反対側に配置されている、請求項4記載の定数選択可能なばね。

【請求項 7】

リンク部材に接続可能な四つの回転接触子をさらに含み、曲げ棒が四つのアーチ形部分を有し、かつ各回転接触子が該四つのアーチ形部分のそれぞれ一つとの接触を維持しつつそれぞれの軸の周りを回転する、請求項1記載の定数選択可能なばね。

30

【請求項 8】

四つの回転接触子それぞれが回転接触子の接触端に少なくとも一つのベアリングを含み、該回転接触子が別個の軸の周りを回転するとき、該ベアリングが曲げ棒のそれぞれのアーチ形部分に沿って転がる、請求項7記載の定数選択可能なばね。

【請求項 9】

曲げ棒および四つの回転接触子を包囲するハウジングをさらに含み；
該ハウジングがリンク部材への接続点を提供し、かつ該四つの回転接触子が該ハウジングに回転可能に接続されている、請求項8記載の定数選択可能なばね。

【請求項 10】

曲げ棒が超弾性合金を含む、請求項1記載の定数選択可能なばね。

40

【請求項 11】

駆動シャフトを有する駆動モータ；
該駆動シャフトに強固に接続された曲げ棒であって、アーチ形部分を有する、曲げ棒；
リンク部材に接続された少なくとも一つの回転接触子であって、該曲げ棒の該アーチ形部分との接触を維持しつつ軸の周りを回転する、回転接触子；および
該回転接触子を回転させるために該回転接触子に接続されたモータを含み、該回転接触子が、回転するとき、該駆動シャフトと該リンク部材との間の接続剛性を変化させる、
可変剛性アクチュエータ。

【請求項 12】

50

曲げ棒の第二のアーチ形部分と、リンク部材に接続可能な第二の回転接触子とをさらに含み、

第二の回転接触子が、該曲げ棒の該第二のアーチ形部分との接触を維持しつつ第二の軸の周りを回転し；

少なくとも二つの回転接触子が該曲げ棒の反対側に配置され、それぞれが、該曲げ棒のそれぞれのアーチ形部分との接触を維持しつつ別個の軸の周りを反対の回転方向に回転する、請求項11記載の変剛性アクチュエータ。

【請求項13】

回転接触子とその接触端に少なくとも一つのベアリングを有し、該回転接触子が軸の周りを回転するとき、該ベアリングが曲げ棒のアーチ形部分に沿って転がる、請求項11記載の変剛性アクチュエータ。

10

【請求項14】

少なくとも二つの回転接触子が駆動シャフトの反対側に配置されている、請求項12記載の変剛性アクチュエータ。

【請求項15】

それぞれが曲げ棒のそれぞれのアーチ形部分との接触を維持しつつ別個の軸の周りを回転する、少なくとも四つの回転接触子を含む、請求項11記載の変剛性アクチュエータ。

【請求項16】

曲げ棒および回転接触子を包囲するハウジングをさらに含み、該ハウジングがリンク部材と該回転接触子との間の接続を提供する、請求項11記載の変剛性アクチュエータ。

20

【請求項17】

回転接触子がリンク部材に直接、回転可能に接続されている、請求項11記載の変剛性アクチュエータ。

【請求項18】

駆動シャフトを有する駆動モータ；

該駆動シャフトに強固に接続された曲げ棒であって、少なくとも二つのアーチ形部分を有する、曲げ棒と；

リンク部材に接続された少なくとも二つの回転接触子であって、それぞれが該曲げ棒との接触を維持しつつ軸の周りを回転する、回転接触子と

を含む、定数選択可能なばね；

30

両方の回転接触子を回転させて該定数選択可能なばねの剛性を変化させるための、該両方の回転接触子に接続されたモータ

を含む、変剛性アクチュエーションを提供するためのシステム。

【請求項19】

回転接触子がハウジングを介してリンク部材に接続され、該ハウジングが、曲げ棒および少なくとも二つの回転接触子を包囲し、かつ該リンク部材および該回転接触子への接続点を提供する、請求項18記載の変剛性アクチュエーションを提供するためのシステム。

【請求項20】

回転接触子に接続されたモータがハウジングに取り付けられている、請求項19記載の変剛性アクチュエーションを提供するためのシステム。

40

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

背景

アクチュエータとは、貯蔵されたエネルギーを動きに変換する部品であり、そのような意味で、ロボットの「筋肉」のようなものである。現在の一般的なロボットは、高剛性アクチュエータ、すなわち動力関節を使用して、自由空間中の絶対的な位置決め精度を提供する。たとえば、ロボットが長々と続く反復作業を制御された環境内で高速および高精度で実施する従来の製造作業においては、既定の関節軌道を堅くたどる位置制御ロボットが最適である。従来の位置制御アクチュエータは、剛性であれば剛性であるほど良いという

50

前提で設計されている。この手法は、高帯域幅システムを与えるが、接触不安定さ、ノイズおよび低出力密度の問題をこうむりやすい。

【0002】

可変剛性アクチュエータは、拘束された非構造化環境におけるロボットの力制御において多くの恩恵を提供する。環境のことがほとんど知られていない非構造化環境においては、力制御関節または可変剛性アクチュエータが、ロボットがその周囲と適合することを許すため、望ましい。そのようなロボット、たとえばヒト型ロボット、荒れた地面の上を歩く有脚ロボット、人と相互作用するロボットアーム、ウェアラブルなパフォーマンス改善性外骨格、触覚インタフェースおよび他のロボットアプリケーションは、変化する予測不可能な環境の中で動的活動を実行することができる。

10

【0003】

可変剛性アクチュエータは、ショック許容性、より低い反射慣性、より正確かつ安定な力制御、きわめて低いインピーダンス、低い摩擦、環境へのより少ないダメージおよびエネルギー貯蔵をはじめとする恩恵を提供する。しかし、当該技術分野において利用可能な現在の可変剛性アクチュエータは、多くのアプリケーションに求められる十分な範囲の剛性を提供しない。たとえば、現在利用可能なアクチュエータは、約10の範囲の、最低剛性に対する最高剛性の比しか得ることができない。そのうえ、多くの現在の可変剛性アクチュエータは、特に全可動域に関して十分な最大剛性を提供することができない。さらには、多くの現在の可変剛性アクチュエータは、その機能を十分に発揮するには剛性の調節が遅すぎる。

20

【発明の概要】

【0004】

概要

一つの態様において、定数選択可能なばねは、回転可能なシャフトに接続された曲げ棒であって、少なくとも一つのアーチ形部分を有する曲げ棒を含む。定数選択可能なばねはまた、リンク部材に接続可能な少なくとも一つの回転接触子であって、曲げ棒のアーチ形部分との接触を維持しつつ軸の周りを回転する回転接触子を含む。回転接触子は、回転するとき、回転可能なシャフトとリンク部材との間の接続剛性を変化させる。

【0005】

可変剛性アクチュエータは、駆動シャフトを有する駆動モータ、および駆動シャフトに強固に接続された曲げ棒であって、アーチ形部分を有する曲げ棒を含み得る。可変剛性アクチュエータはさらに、リンク部材に接続された回転接触子であって、曲げ棒のアーチ形部分との接触を維持しつつ軸の周りを回転する回転接触子を含み得る。回転接触子に接続されたモータが回転接触子を回転させ、回転接触子は、回転するとき、駆動シャフトとリンク部材との間の接続剛性を変化させる。

30

【0006】

可変剛性アクチュエーションを提供するためのシステムの一つの態様は、駆動シャフトを有する駆動モータおよび定数選択可能なばねを含む。定数選択可能なばねは、駆動シャフトに強固に接続された曲げ棒であって、少なくとも二つのアーチ形部分を有する曲げ棒と、リンク部材に接続された少なくとも二つの回転接触子とを含み得る。各回転接触子は、曲げ棒との接触を維持しつつ軸の周りを回転する。システムはさらに、両方の回転接触子を回転させて定数選択可能なばねの剛性を変化させるための、両方の回転接触子に接続されたモータを含む。

40

【0007】

図面と合わせて読まれる以下の詳細な説明から、本発明の様々な他の特徴、目的および利点が明らかになる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

図面は、本開示を実施する現在企図される最良の形態を示す。

【0009】

50

【図1】A. 定数選択可能なばねの例示的態様を提供する。B. 図1Aに示す図の平面図を提供する。

【図2A】可変剛性アクチュエーションを提供するためのシステムの例示的態様を示す。

【図2B】可変剛性アクチュエーションを提供するためのシステムの例示的態様を示す。

【図3】定数選択可能なばねの様々な態様を示す。

【発明を実施するための形態】

【0010】

図面の詳細な説明

本発明は、現在利用可能な可変剛性アクチュエータに関して上述した欠点を解消する。本発明の可変剛性アクチュエータ（VSA）は、コンパクトなサイズの中で非常に大きな剛性範囲を提供するように設計されている。本発明のVSAはさらに、全可動域で連続可変剛性を許し（小さな可動域の場合にはゼロ剛性）、最小剛性から最大剛性まで速やかに変化することができる。それにより、本発明のVSAは、複雑な作業を実施する中で、増大した安全性およびより良好な機能を提供する。

10

【0011】

図1Aおよび1Bに示す態様のような定数選択可能なばねは、駆動モータ12と被駆動負荷との間の改善された力制御を行うために、モータアクチュエータの一部として含まれ得る。本明細書に記載されるように、剛性は、接触子によって曲げ棒に沿って形成される制限接触の位置を変化させることによって変えられる。したがって、剛性制御は、VSAの棒の可変厚さおよび面積の範囲について拘束力の方向を変えることから生じ得る。本発明の定数選択可能なばね2を使用すると、VSAは、最小剛性の1200倍の大きさの最大剛性を提供することができ、アクチュエータに広い作動剛性範囲を可能にする。VSA3は、360°の動きを提供し得、また、限られた範囲に関して自由関節になることができる。図1~2の例示的態様において、VSAは、非常に速やかに、たとえば0.12秒で最大剛性から最小剛性まで変化し得る。

20

【0012】

図2Aに示すように、可変剛性アクチュエータは、接続点17に接続し得る被駆動要素に接続された駆動モータ12を含み得る。可変剛性アクチュエータにおいて、コンプライアント要素が駆動モータと被駆動負荷との間に配置されてアクチュエータの剛性を意図的に低下させ得、開示されるVSAの場合、可変剛性制御を提供し得る。図1Aは、VSA3に組み込むための定数選択可能なばね2の例示的態様を提供する。定数選択可能なばね2は、回転可能なシャフト9、たとえば駆動シャフトに接続可能な曲げ棒を有する。曲げ棒は、一つまたは複数の回転接触子6と対応するように形成されている少なくとも一つのアーチ形部分5を有する。したがって、アーチ形部分5は、円形もしくは半円形または定曲率のカーブであり得る。

30

【0013】

図1Aおよび1Bの態様において、定数選択可能なばね2は、それぞれ曲げ棒4の反対側にある四つの回転接触子6を有する。各回転接触子6は、曲げ棒4との接触の位置を変えるために軸32の周りを回転する。より具体的には、図1A~1Bの態様は、第一の回転接触子42、第二の回転接触子43、第三の回転接触子44および第四の回転接触子45を有する。各回転接触子42~45それぞれはそれぞれの回転軸32の周りを回転する。その回転の少なくとも一部分で、回転接触子42~45は、曲げ棒4の四つのアーチ形部分5の一つとの接触を維持する。定数選択可能なばね2は、回転接触子6が曲げ棒4の中心に向けて内方に回転して、駆動モータと被駆動負荷との間でより剛性のアクチュエーション、すなわち接続剛性を創出するように作動する。逆に、回転接触子6は、曲げ棒4の中心から離れて外方に回転して、駆動モータと被駆動負荷との間でより緩い、より低剛性の接続を創出し得る。

40

【0014】

図1Bは各回転接触子42~45の潜在的回転方向36を示す。回転接触子は、回転可能なシャフト9への接続点35を提供する曲げ棒4の中心に向けて内方に回転している。たとえば、第一の回転接触子42および第四の回転接触子45は、左回り方向に回転してそれらの接触端47

50

を曲げ棒4の中心に向けて動かし、それによってアクチュエーションを剛性化する。逆に、第二の回転接触子43および第三の回転接触子44は、それらの回転軸32の周りを右回り回転方向36に回転して、それらの接触端47を曲げ棒4の中心に向けて回転させる。逆に、より低剛性のアクチュエーションを提供する場合、回転接触子42～45は、図1Bに示す回転方向36とは反対に回転し、それにより、回転接触子42～45の接触端47を曲げ棒4の中心から離すように回転させる。

【0015】

図1Bは、回転接触子42～45が、最大剛性レベルに比べて低い量の剛性を提供するであろう中間位置にある定数選択可能なばね2を示す。回転接触子42～46は、曲げ棒4上の最内点49まで回転すると、駆動モータと被駆動要素との間にもっとも剛性の接続を創出し得る。反対に、回転接触子42～45は、曲げ棒4の中心から離れて極外点まで回転すると、駆動モータと被駆動要素との間にもっとも低剛性の接続を許し得る。最外位置では、回転接触子42～45の接触端47はもはや曲げ棒4とは接触し得ない。たとえば、回転接触子42～45は、曲げ棒4の方向と平行またはほぼ平行になるように回転し得る。そのような位置において、回転接触子42～45の接触端47は曲げ棒4に触れず、曲げ棒4は、回転接触子6に接触しないところの自由可動域を有するであろう。そのような最外位置において、VSA3は、曲げ棒4が回転接触子42～45と接触しないところの可動域内でゼロ剛性を提供するであろう。

10

【0016】

曲げ棒2は、関節中にコンプライアンスまたは可撓性を提供するために物理的に曲がるように設計されている。好ましくは、曲げ棒4は、定数選択可能なばね2の、およびVSA3全体の、最低剛性部分である。好ましい態様において、曲げ棒4の剛性は、VSA3の他すべての部品の剛性よりも有意に低い。それにより、曲げの剛性がVSA3全体としての可変剛性機能を支配する。たとえば、回転接触子6、アクチュエータハウジング15、駆動モータリンク13、駆動シャフト9および回転接触子モータリンク11、回転接触子モータ伝達システム14のすべてが、曲げ棒の剛性よりも有意に高い剛性を提供し得る。それにより、可撓性、すなわち剛性の欠如は曲げ棒4から生じる。

20

【0017】

曲げ棒4は、所与のVSAアプリケーションの場合に十分な屈曲を提供しながらも、曲げ棒4にかかる力による任意の塑性変形を受けずに済む任意の材料で構成され得る。たとえば、曲げ棒4は、擬弾性、すなわち超弾性材料で構成され得る。擬弾性材料は、形状記憶合金、たとえば超弾性合金であり得る。機械的負荷を受けると、超弾性合金は、非常に高いひずみ、たとえば10%まで可逆的に変形する。負荷が解除されると、超弾性合金はその元の形状に戻る。好ましくは、合金がその初期形状を回復するのに温度変化は不要である。たとえば、一つの態様において、曲げ棒4は、ニチノール（ニッケル-チタン）合金または超弾性を有するコバルト-ニッケル、ニッケル-鉄もしくはニッケル-マンガン合金のいずれかで構成され得る。

30

【0018】

他の態様において、曲げ棒は、チタン、アルミニウムまたは他の金属合金で構成され得る。上記のように、回転接触子は、好ましくは、曲げ棒4よりも剛性の材料で構成される。たとえば、回転接触子6は、鋼、チタンまたは他の硬質金属もしくは金属合金で構成され得る。

40

【0019】

材料に加えて、曲げ棒4の、および定数選択可能なばね2全体の、剛性は、設計の他の局面を変更することによって変更され得る。たとえば、以下の変数：曲げ棒4の長さ、アーチ形部分5の曲率半径、回転接触子6の長さ、曲げ棒4の上部51および下部52の形状、最大加力角、曲げ棒4の先端の最小高さおよび曲げ棒4の先端の最小幅を変更して、定数選択可能なばね2設計の剛性を調節し得る。

【0020】

曲げ棒4のアーチ形部分5は、回転接触子6がその回転軸32の周りを回転するとき回転接触子6を受け入れるように成形されている。上記適切な変数を変化させることにより、ア

50

アーチ形部分5もまた、所与のアプリケーションのために曲げ棒4の剛性をその長さ方向に最適化するように設計され得る。たとえば図1Aおよび1Bに示す態様において、曲げ棒4のアーチ形部分5は、曲げ棒4の上部51および下部52にアーチ形部分を有する。これらのアーチ形上部および下部は任意のアーチ曲率半径を有し得る。曲げ棒4の他の態様において、上部51および下部52は他の形状を呈してもよい。たとえば、曲げ棒の上部51および下部52は、曲げ棒の長さ方向にまっすぐ互いに平行に延びてもよい。または、曲げ棒4の上部51および下部52は、内方にテーパ状または外方にフレア状であってもよい。そのような設計要素は、たとえば、接触角 θ_s に対する剛性の所与のプロフィールを有する曲げ棒4を創出するために使用され得る。

【0021】

図1Aおよび1Bを参照すると、回転接触子6は各接触端47にベアリング8を有する。各回転接触子6は、曲げ棒4との接触を維持するために転がる一つまたは複数のベアリング8を有し得る。より具体的には、回転接触子6がその軸32の周りを回転するとき、ベアリング8が転がって、回転接触子6は、滑り摩擦力に打ち勝つ必要なく、曲げ棒4のアーチ形部分5に沿って動くことができるようになる。たとえば図1Aの態様において、定数選択可能なばね2は、それぞれがその接触端47に三つのベアリング8を有する回転接触子6を有する。三つのベアリング8は、回転接触子6がそれぞれの回転軸32の周りを回転するとき、曲げ棒4のアーチ形部分5に沿って転がる。回転接触子6が、図1Aに示すようなそれらの中間位置にあるとき、中間のベアリング8だけが曲げ棒4と接触する。回転接触子6が曲げ棒4の中心に向けて内方に動くと、上下のベアリング8もまた、曲げ棒4のアーチ形部分5と接触するようになる。

【0022】

他の態様において、回転接触子6は、図1Aの態様における三つのベアリングの代わりに、一つより大きなベアリングを有してもよい。または、回転接触子6は、回転接触子6の接触端47に任意の数のベアリング8を有してもよい。さらに他の態様において、回転接触子6の接触端47はベアリングを有しなくてもよく、回転接触子6の接触端47が曲げ棒4のアーチ形部分5に対して動くことを許すための他の任意の手段が用いられてもよい。

【0023】

図2Aに目を転じると、可変剛性アクチュエーションを提供するためのシステム1は、可変剛性アクチュエータ3および制御装置25を含み得る。システムはさらに、制御装置25に 30 入力を提供し得る回転位置センサ27を含み得る。可変剛性アクチュエータ3は、定数選択可能なばね2、たとえば図1Aおよび1Bに示す定数選択可能なばね2の態様を組み込む。可変剛性アクチュエータ3はさらに、曲げ棒4の接続点35に接続された回転可能な駆動シャフト9を有する駆動モータ12を含む。回転接触子6の回転は、モータ伝達システム14を介して回転接触子6の一つまたは複数に取り付けられているモータ10によって駆動される。アクチュエータハウジング15が定数選択可能なばね2および伝達システム14を包囲する。モータ10は、取り付け板21を介してアクチュエータハウジング15に接続し得る。図2の態様において、アクチュエータハウジング15は、それぞれの接続点34（図1A）において各回転接触子6に回転可能に接続する。図2A~2Bのアクチュエータハウジング15はまた、リンク部材接続点17においてリンク部材58に接続する。アクチュエータハウジング15は、接続点19において第一の部材60に接続される第一のハウジング62に隣接する。 40

【0024】

図2Aおよび2Bに示す可変剛性アクチュエータ3の態様において、駆動モータ12は、リンク部材58に接続されるアクチュエータハウジング15の回転を駆動する。たとえば、駆動モータ12は、リンク部材58およびアクチュエータハウジング15を回転方向37に回転させるように機能する。駆動モータ12はモータ取り付け板22を介して第一のハウジング62に接続する。したがって、そのような回転は、第一の部材60および第一のハウジング62に対して発動される。駆動モータ12は駆動モータリンク13を介して回転可能な駆動シャフト9に接続する。そして、駆動シャフト9は曲げ棒4に接続する。曲げ棒が回転接触子6と接触しているならば、曲げ棒4の回転がアクチュエータハウジング15の回転を生じさせる。すなわち 50

、一つまたは複数の回転接触子6はアクチュエータハウジング15の下板55および/または上板54に接続され、したがって、回転接触子6に付与される任意の力はアクチュエータハウジング15に付与される。一つまたは複数の回転接触子6がたとえば最内位置にあるならば、定数選択可能なばね2は剛性になり、駆動シャフト9からの動きのすべてまたはほぼすべてをアクチュエータハウジング15に付与する。他方、一つまたは複数の回転接触子6が最外位置にあり、曲げ棒4が一定の運動度内で自由に回転するならば、駆動シャフト9の動きは、曲げ棒4が回転接触子6と接触しないところの可動域内でアクチュエータハウジング15に付与されない。その結果、回転接触子は最内位置と最外位置との間のどこかにあり得、したがって、曲げ棒4の屈曲の変化により、変化する量の動きが駆動シャフト9からアクチュエータハウジング15に付与されるということになる。

10

【0025】

制御装置25は、一つまたは複数の回転接触子6に接続された駆動モータ12およびモータ10を制御するために用いられ得る。そのような制御は、制御信号を駆動モータ12および/またはモータ10に提供して回転接触子6を既定の方法で制御するフィードフォワード制御であり得る。換言するならば、制御装置は、既定のプログラムまたはプランにしたがって可変剛性を定数選択可能なばね2に提供し得る。または、制御装置は、曲げ棒4の屈曲がプログラムされたプランを逸脱するかどうかにしたがって制御装置が剛性プログラムまたは運動プログラムを修正することができるよう、駆動シャフト9に対するアクチュエータハウジング15の位置情報を提供する、VSA3上の回転位置センサ27からの入力を受信し得る。たとえば、関節にかかるトルクが予想よりも多くの曲げ棒4の撓みを生じさせているならば、その差を考慮するように制御プログラムが修正され得る。

20

【0026】

図3A~3Dは、定数選択可能なばね2の様々な態様を示す。図3Aにおいて、定数選択可能なばね2は四つの回転接触子6および一つの曲げ棒4を含む。ここで、モータ10は、四つの回転接触子6をすべて同時に駆動し得る。モータ伝達システム14は、正しい回転方向36(図1B)の回転を各回転接触子6に付与するように作動する。上記のように、回転接触子6は回転軸32の周りを回転する。さらに、軸32において、回転接触子6は、各回転接触子6のための接続点34においてアクチュエータハウジング15の下板55に接続されている。それにより、曲げ棒4の動きは、回転接触子6とアクチュエータハウジング15の下板55または上板54との間の接続点34においてアクチュエータハウジング15に伝達される。

30

【0027】

一つのモータ10によって駆動される一つより多い回転接触子を含む態様において、モータ10は、回転接触子6の半分を右回り回転方向36に回転させるように作用し得、その他方の半分は左回り回転方向36に回される。モータ10が回転接触子6を回転させるとき、回転接触子6の角度 θ_s は、各回転接触子6の角度 θ_s の大きさが同じになるように変化する。したがって、回転接触子6が中間位置にあるとき、すなわち、回転接触子の各組の中心線が互いに一直線に並び、かつ曲げ棒4の中心線と垂直であるとき、 $\theta_s = 0$ である。回転接触子6が外方または内方に動くと、 θ_s の大きさは四つの回転接触子すべてで等しく増す。他の態様においては、各回転接触子6が個々に制御されてもよく、したがって、様々な回転接触子6の θ_s は所与の時点で異なり得る。

40

【0028】

上記のように、曲げ棒4は駆動モータ12によって駆動される。回転接触子6の位置に依存して、曲げ棒4はアクチュエータハウジング15に回転を付与し得る。アクチュエータハウジング15に付与される回転は、特定の位置、たとえば第一のハウジング62の位置に対する角度 θ_p として計測され得る。様々な態様において、可変剛性アクチュエータ3は、360°の動きを提供するように設計されてもよく、したがって、 θ_p は0~360で変化し得る。他の態様において、可変剛性アクチュエータ3は、 θ_p の範囲を制限するであろう、より限られた可動域を許すように設計されてもよい。

【0029】

図3Bおよび3Cはそれぞれ、曲げ棒の反対側に配置された二つの回転接触子6を有する定

50

数選択可能なばね2の態様を示す。図3Bにおいて、回転接触子6は、駆動シャフト、すなわち曲げ棒4と駆動シャフト9との間の接続点35の反対側に配置されている。図3Cは、曲げ棒4の反対側に配置されているが、駆動シャフト9への接続点35の同じ側に配置されている二つの回転接触子6を有する定数選択可能なばね2の態様を示す。図3Bおよび3Cの両態様において、定数選択可能なばね2は、右回りおよび左回りの両回転方向37で可変剛性を提供する。したがって、二つの回転接触子6の回転により、定数選択可能なばね2は、駆動シャフト9とアクチュエータハウジング15との間の接続の剛性の変化を両円方向で提供することができる。これは、定数選択可能なばね2が一方向でのみ剛性変化を提供する図3Dの態様とは対照的である。

【0030】

10

図3Dの態様において、定数選択可能なばね2は回転接触子6を一つしか有しない。回転接触子6は、左回り回転方向37に可変剛性を可能にするために配置されている。すなわち、回転接触子6は、曲げ棒4に沿って回転して、曲げ棒4が回転接触子6に押し当てられるときの、曲げ棒4とその回転接触子6との間の接続の剛性を増減し得る。回転動が左回り方向に付与されるとき、曲げ棒4はストップバー65と接触する。このストップバーは動かず、したがって一定の剛性レベルを提供する。したがって、図3Dの態様は、剛性変化が一つの方向にしか求められない場合に用いられ得る。不動ストップバー65は、最大剛性から非常に低い剛性またはゼロ剛性までの任意のレベルの定剛性を提供するように設計され、配置され得る。

【0031】

20

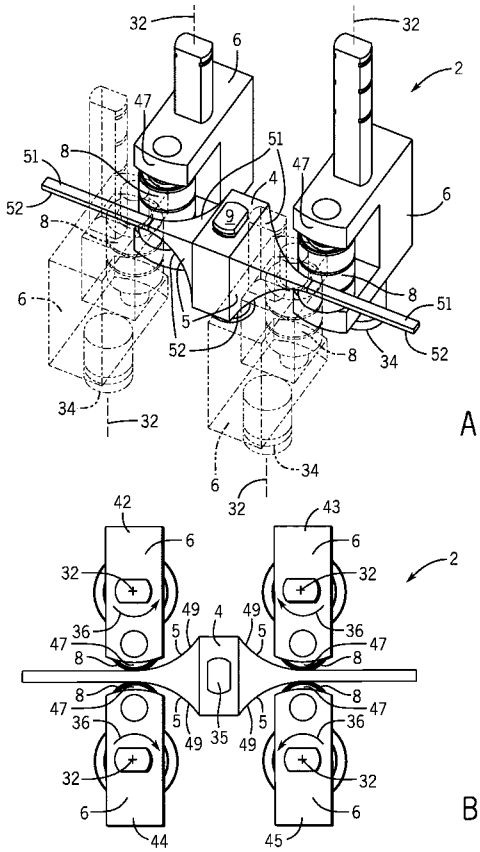
本明細書に開示されたVSA3の一つの所期の用途は、ロボットがその環境、たとえば製造作業、物理的操作/相互作用を伴う任意の作業と相互作用するロボットアプリケーションのための用途である。可変剛性アクチュエーションは、関節剛性が高いとき、ロボットが従来のマニピュレータのように自由空間中で高精度位置決めを提供することを許す。各関節の剛性は、ロボットがロボットまたは外部構造もしくは人を損傷することなく有用な作業を実施するために高剛性方向および低剛性方向を有することができるよう、独立して調節することができる。拘束される操作の例は、ロボットを使用してボルトを締める例であろう。ロボットは、ねじ穴にボルトを通す場合に関連する方向には剛性でなければならないが、レンチ/ボルト相互作用によって拘束される、穴にボルトを通さない方向にはコンプライアントでなければならない。

30

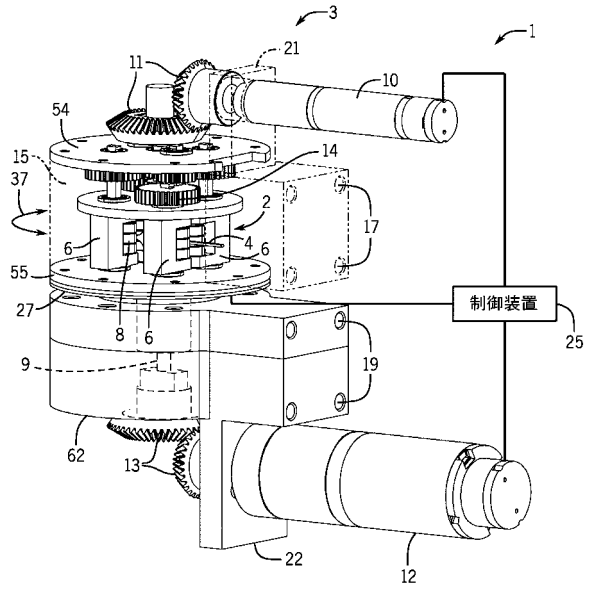
【0032】

本明細書は、最良の形態を含めて本発明を開示し、また、当業者が本発明を構成し、使用することを可能にするために例を使用する。本発明の特許範囲は、特許請求の範囲によって画定され、当業者に思い浮かぶ他の例を含み得る。そのような他の例は、特許請求の範囲の文言と異なる構造要素を有するならば、または、特許請求の範囲の文言とで非実質的な差しか有しない均等な構造要素を含むならば、特許請求の範囲内であるとみなされる。

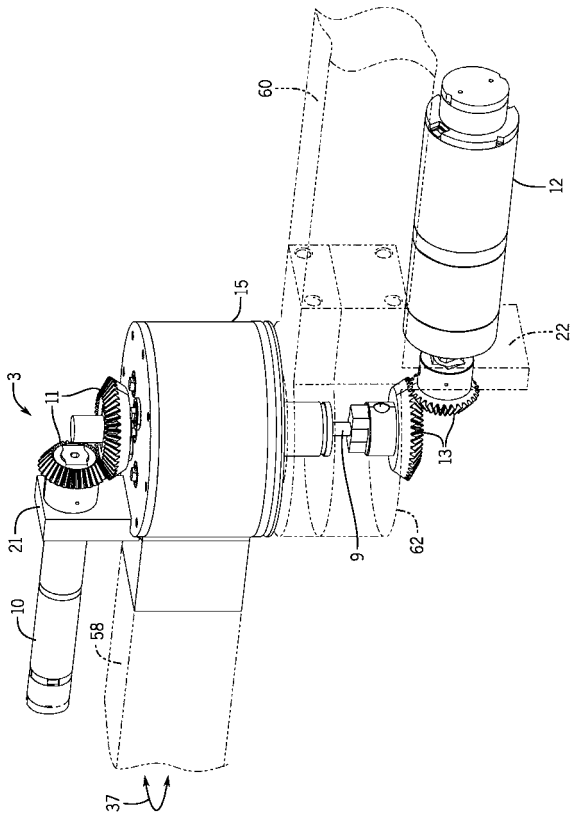
【図1】



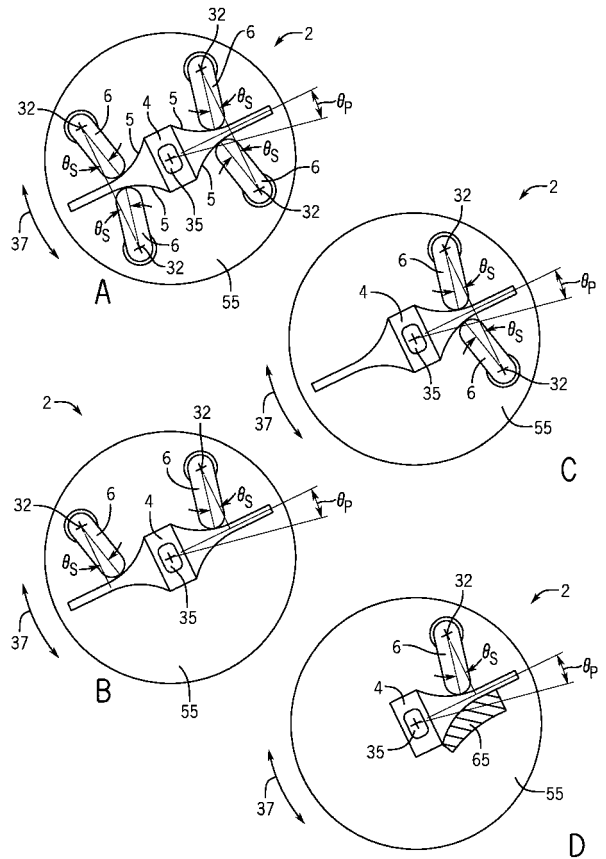
【図2A】



【図2B】



【図3】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US 2014/035294
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>F16F 1/22 (2006.01)</i> <i>F16D 3/56 (2006.01)</i> <i>B25J 19/00 (2006.01)</i>		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
F16D 3/00, 3/02, 3/12, 3/16, 3/48, 3/50, 3/56, 3/64, 3/66, F16F 1/22, B25J 19/00		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
DWPI, EAPATIS, Espacenet, K-PION, KIPRIS, PAJ, RUPAT, SIPO, USPTO, Patentscope		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	GB 726635 B2 (SOCIETE ANONYME ADOLPHE SAURER) 23.03.1955, p. 1, lines 59-62, fig. 1-3	1-2, 10 3-9, 11-20
A	GB 25725 A (BLUMFIELD LIMITED et al.) 19.09.1912, p. 1, lines 4-7, fig. 1, 2	1-20
A	SU 1773292 A3 (DNEPRODZERZHINSKIY INDUSTRIALNY INSTITUT IM. M.I. ARSENICHEVA) 30.10.1992, col. 3, lines 16-30, fig. 1-4	1-20
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents:		
"A"	document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E"	earlier document but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L"	document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O"	document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same parent family
"P"	document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
13 August 2014 (13.08.2014)		04 September 2014 (04.09.2014)
Name and mailing address of the ISA/RU: FIPS, Russia, 123995, Moscow, G-59, GSP-5, Berezhkovskaya nab., 30-1 Facsimile No. +7 (499) 243-33-37		Authorized officer S. Manchenko Telephone No. (495)531-64-81

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(74)代理人 100148699
弁理士 佐藤 利光

(74)代理人 100128048
弁理士 新見 浩一

(74)代理人 100129506
弁理士 小林 智彦

(74)代理人 100114340
弁理士 大関 雅人

(74)代理人 100114889
弁理士 五十嵐 義弘

(74)代理人 100121072
弁理士 川本 和弥

(72)発明者 シメルス ジョセフ エム .
アメリカ合衆国 ウィスコンシン州 ミルウォーキー ノース パインクレスト ストリート 4
3 8

(72)発明者 ガルセス ダニエル
アメリカ合衆国 ウィスコンシン州 ニュー ベルリン メロディー ドライブ 1 6 4 3 0

Fターム(参考) 3C707 HS27 HT24 HT36
3J059 AA09 BA17 BC01 BD03 DA32

【要約の続き】

